

# Los desafíos concernientes a las observaciones hidrológicas

por Harry F. Lins\*

## Introducción

**La singularidad del agua como recurso limitador esencial la convierte en un elemento continuo del discurso político.**

Por tanto, no resulta sorprendente ver constantes oleadas de publicidad que hacen referencia a aspectos relacionados con los recursos hidrológicos, en la medida en que persisten los problemas crónicos y surgen nuevos modelos de perturbación. Durante la última década, las organizaciones hidrológicas, tanto gubernamentales como no gubernamentales, los organismos de asesoría, las instituciones de gestión de recursos y la comunidad científica han subrayado numerosos desafíos. Entre ellos figuran garantizar: un suministro de agua seguro (para consumo e higiene, cultivos de regadío, ecosistemas acuáticos y desarrollo económico); el desarrollo y mantenimiento de una infraestructura encaminada a gestionar los riesgos asociados a crecidas, sequías y episodios de contaminación; la colaboración a través de los distintos sectores y fronteras; y la creación de una sensibilización y una comprensión públicas de las limitaciones inherentes al recurso (Agarwal y otros, 2000).

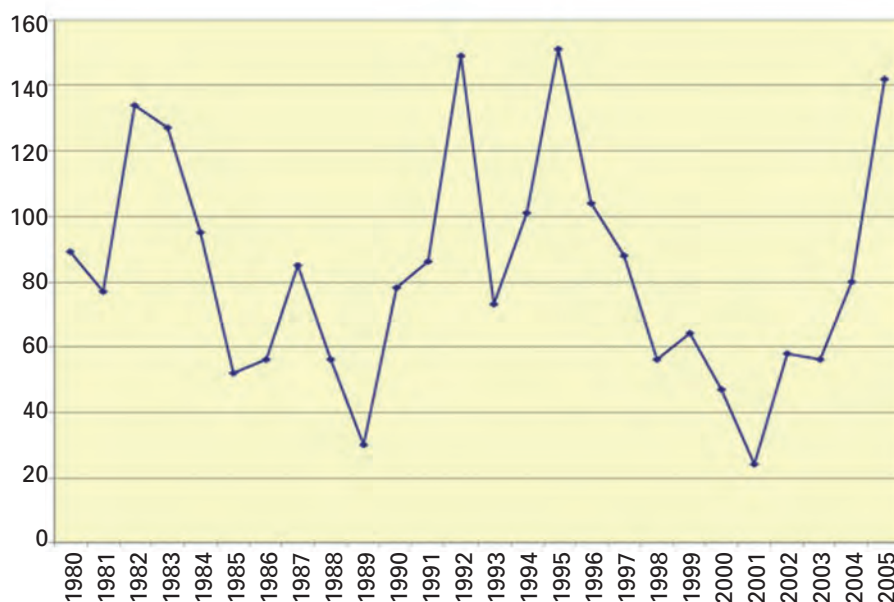
Sin embargo, resulta curioso comprobar que el desafío en alza que podría considerarse como el más importante con respecto a los recursos hidrológicos ha recibido una atención relativamente menor: estamos hablando de garantizar la adecuación, la coherencia y el

mantenimiento a largo plazo de unas observaciones hidrológicas de alta calidad. Independientemente del interés concreto respecto al agua, un control eficaz y eficiente de la cantidad y calidad del recurso (sobre la superficie, en el suelo, con una frecuencia apropiada y durante un período de tiempo adecuado) se antoja un requisito fundamental. Este artículo pone de manifiesto algunas de las preocupaciones más notables a las que actualmente están haciendo frente los Servicios Nacionales que se encargan de recopilar y gestionar los datos hidrológicos. Para muchos de estos Servicios Nacionales, estos temas resultan especialmente preocupantes debido al papel único que desempeñan en el desarrollo y la validación de nuevos enfoques de control, así como en la gestión de redes

de vigilancia en el seno de sus respectivas naciones.

## La red disminuye

El desafío más debatido y documentado al que deben hacer frente las observaciones hidrológicas en los últimos años es la continua y dominante tendencia hacia la disminución de las redes. Se trata de un problema que también afecta a otros retos que se describen en secciones posteriores. Por regla general suele considerarse que las causas principales se deben a las restricciones fiscales generalizadas a nivel nacional, asociadas con la inestabilidad política e institucional tanto a nivel regional como nacional,



*Número de estaciones de aforo de caudal con un registro de más de 30 años que se pierden de forma anual en los Estados Unidos (1980-2005)*

\* Hidrólogo, Oficina de aguas superficiales, US Geological Survey, Reston, Virginia (EEUU)

aunque el problema no es exclusivo de los países pobres o en vías de desarrollo. De hecho, se trata de un asunto importante en multitud de países desarrollados. Por ejemplo, entre 1980 y 2005, en los EEUU se perdieron más de 2 200 estaciones de aforo de caudal de gran registro, aunque el número de estaciones en funcionamiento se mantuvo relativamente constante, situándose en unas 7 000 (USGS, 2007). En este caso, el problema no era una pérdida absoluta de estaciones, sino más bien una pérdida más insidiosa de estaciones que contaban con registros de, al menos, 30 años. Estas son, exactamente, las estaciones más necesarias para llevar a cabo análisis significativos sobre las crecidas y las frecuencias de bajo caudal, así como de cara a evaluar las tendencias y los patrones hidrológicos en el contexto de la variabilidad y el cambio climáticos.

Otro ejemplo de la disminución de la red que está afectando de forma negativa a las investigaciones de las tendencias relacionadas con el clima podemos encontrarlo en la región panártica, donde Shiklomanov y otros (2002) fueron testigos de que el número de estaciones hidrológicas había disminuido recientemente hasta cifras registradas a principios de la década de 1960. En Ontario (Canadá), el 67 por ciento de las estaciones de medición fluvial se cerraron entre 1986 y 1999, mientras que en el extremo oriental de Siberia, el 73 por ciento de las mismas corrieron idéntica suerte durante el citado período.

Estas pautas resultan alarmantes, puesto que, incluso aunque las estaciones pudieran abrirse de nuevo o ser reemplazadas en algún momento del futuro, la interrupción de las observaciones a largo plazo afecta de forma negativa a nuestra capacidad de desarrollar estadísticas sólidas que dependan de registros coherentes de varias décadas o más de un siglo.

Se pone de manifiesto la necesidad de desarrollar y poner en práctica estrategias que contribuyan a conservar las estaciones hidrológicas de gran registro en zonas de interés fundamental, tanto a nivel nacional como internacional, y a ampliar el número de estaciones en áreas que en la actualidad no están controladas o que tienen un control inadecuado.

Lo que no se mide no se puede gestionar.

Anónimo

## Cómo ajustar los datos recopilados al uso concebido de los mismos

Los datos hidrológicos se emplean para multitud de propósitos, desde el aviso de peligro y la predicción de suministro hídrico hasta el transporte de contaminantes y la investigación del hábitat acuático. Muchos de los datos cuentan con una utilidad intrínseca, en el momento de su recopilación, de cara a numerosas aplicaciones. Las mediciones fluviales en emplazamientos específicos en tiempo real o casi real, por ejemplo, son perfectamente adecuadas para la predicción operativa de crecidas en dichos emplazamientos o en sus proximidades.

Sin embargo, muchas aplicaciones están obligadas a emplear datos que no son del todo adecuados para el propósito perseguido. Un ejemplo flagrante que ocurre hoy en día podemos encontrarlo en la utilización de caudales medios diarios y mensuales, en estaciones que cuentan con menos de 30 ó 40 años de registros, para el análisis de tendencias a largo plazo que podrían estar relacionadas con el cambio climático.

Es obvio que una evaluación significativa de las mencionadas tendencias requiere un registro de, al menos, 100 años de duración, teniendo en cuenta el caso concreto de la apariencia general de la persistencia a largo plazo en los registros del caudal (Cohn y Links, 2005; Koutsoyiannis, 2003). Por desgracia, existen muy pocas estaciones en el mundo que proporcionen tales registros. Esto también se cumple en el caso de los análisis de los cambios en la frecuencia e intensidad de las crecidas y las sequías, que requieren una información específica sobre los extremos de precipitación y caudal, observados de forma sistemática y coherente a lo largo de períodos de tiempo muy prolongados en un amplio abanico de configuraciones hidroclimáticas.

Otro tipo de problemas, como por ejemplo las fuentes de contaminación difusas de las corrientes de agua como consecuencia de procesos de escorrentía que arrastran nitratos, pesticidas y sedimentos, pueden requerir datos cada hora, puesto que la mencionada contaminación está estrechamente vinculada con la aparición de tormentas y la escorrentía derivada de las mismas. Además, los temas de este tipo se complican por la necesidad adicional de disponer de datos



Recogiendo una muestra de agua



en numerosas escalas espaciales, ya que la utilización de la tierra y las prácticas agrícolas ejercen una importante influencia sobre la variabilidad local en la carga de contaminación.

Actualmente, los componentes de calidad del agua se controlan de forma escasa a nivel espaciotemporal, puesto que este tipo de control suele ser mucho más caro que la medición del caudal, al tener que analizarse químicamente las muestras en laboratorios. Por tanto, resulta evidente que utilizar los datos recopilados para afrontar el problema tratado en cada caso requiere unos sistemas de observación que funcionen de forma consecuente y fiable a lo largo de escalas temporales de muy larga y muy corta duración y en escalas espaciales que también oscilen entre grandes y pequeñas, lo que constituye una perspectiva desalentadora y cara.

## Mejora del control hidroquímico e hidrobiológico

A la vez que se ha extendido el conocimiento de las interacciones de los procesos físicos, químicos y biológicos del agua durante las cuatro últimas décadas, también lo ha hecho la complejidad del control de estos procesos. Mientras que con anterioridad al comienzo de la

década de 1960 el control hidrológico se centraba sobre todo en el flujo fluvial, el transporte de sedimentos y los niveles freáticos, hoy en día el punto de atención se ha desplazado hacia la calidad del agua, en la medida que los problemas asociados con la contaminación se han tornado más evidentes. Este giro ha ampliado de forma espectacular el número de variables que se observan, y en concreto las asociadas a los componentes antropogénicos en el agua y en los sedimentos, así como en los organismos acuáticos.

Los Servicios Hidrológicos Nacionales y los servicios medioambientales conexos reciben cada vez más encargos de ofrecer datos de observación para apoyar las normativas nacionales en materia de calidad del agua, de recuperación de los ecosistemas acuáticos afectados por la agricultura y de promoción de la sostenibilidad de los recursos hidrológicos (*National Research Council*, 2004). Sigue constituyendo un reto el conseguir suministrar el tipo de observaciones químicas y biológicas mejoradas que se necesitan para atender estas demandas. Además, se necesitan técnicas innovadoras adecuadamente reescaladas para su aplicación a las cuencas subcontinentales y, lamentablemente, estas estrategias de control a gran escala no han evolucionado lo suficiente como para hacer frente a la mayoría de problemas actuales, y mucho menos a los de nueva aparición.

## Almacenamiento y divulgación de datos

El incipiente volumen en cuanto a la cantidad y los tipos de información hidrológica que se transmiten y se almacenan en centros de datos, cada vez más en tiempo real o casi real, son factores que están ocasionando importantes problemas de almacenamiento y divulgación de los datos correspondientes. En casi todas las naciones, los datos hidrológicos son recopilados por parte de más de una agencia y, a menudo, en diferentes niveles de gobierno, desde nacional hasta provincial o local. Por regla general, estos procesos tienen amplios precedentes históricos, y conllevan toda una gama de posibilidades en apoyo de las necesidades de los usuarios y de diferentes reglas para conseguir que los datos estén disponibles.

De forma invariable, los investigadores y otros usuarios de los datos encuentran dificultades a la hora de localizar y obtener datos coherentes y comparables, incluso en el seno de un único país. Dado que las posibilidades de ver un cambio drástico en esta situación a corto plazo son reducidas, el hecho de que los Servicios Hidrológicos Nacionales pudieran desarrollar portales en línea para sus respectivas bases de datos hidrológicas sería de especial utilidad.

Otro reto, no menos importante, lo representa la distribución libre y sin restricciones de los datos y la información de tipo hidrológico. Las políticas nacionales sobre datos suelen restringir la divulgación de los mismos a los centros de datos regionales o internacionales y, en muchos casos, es necesario que el centro de datos obtenga la aprobación antes de suministrar datos a las partes que los solicitan. El intercambio de datos hidrológicos resulta aún más complicado debido a que ni los formatos de datos ni los correspondientes protocolos de intercambio están normalizados, y también como consecuencia de la incompatibilidad en las normas y modos de acceso de algunas bases de datos. Con la vista puesta en acabar con los obstáculos en el intercambio de datos, el XIII Congreso Meteorológico Mundial (1999) adoptó una resolución relativa al intercambio de datos



Midiendo el caudal

y productos hidrológicos que ofrece una referencia internacional a la hora de definir y poner en marcha políticas encaminadas al intercambio de datos y de información. Aún así, el acceso a datos hidrológicos se presenta altamente variable y fragmentado, a pesar de los esperanzadores servicios proporcionados por algunas organizaciones y actividades como, por ejemplo, el Centro Mundial de Datos de Escorrentía y la Red Terrestre Mundial.

## Estimación de las incertidumbres en los métodos y en las redes

El hecho de cuantificar la incertidumbre de las predicciones hidrológicas y de estimar esta incertidumbre de cara a la posterior toma de decisiones resulta fundamental para la simulación operativa y para la investigación. Las fuentes principales de incertidumbre en la simulación son los datos, en términos de su fidelidad y representatividad espacio-temporal, así como el propio enfoque de la simulación. Así pues, la estimación de las incertidumbres asociadas a los métodos y las redes de control resulta crítica para reducir la incertidumbre en la predicción.

Debido a que la predicción hidrológica depende en gran medida de las medidas efectuadas sobre multitud de variables hidrológicas durante largos períodos de tiempo, la disminución del tamaño y de la densidad de las redes de control (tal y como se comentó anteriormente) elevará inevitablemente la incertidum-

bre en la predicción. Esta circunstancia pone de manifiesto una clara necesidad de contar con procedimientos para recuperar y aumentar el número de datos. También existe una creciente necesidad de establecer métodos para validar y estimar la incertidumbre de los datos obtenidos por teledetección, puesto que estos se están convirtiendo cada vez más en importantes elementos que contribuyen a la realización de los análisis hidrológicos.

## Conclusión

Las observaciones hidrológicas no pueden desligarse de los usos para los que han sido concebidas. Resultan fundamentales para enfrentarse a los problemas de los recursos hidrológicos relacionados con las crecidas y sequías, la sostenibilidad agrícola y el cambio climático global. Los desafíos concernientes a las observaciones hidrológicas son desalentadores e incluyen aspectos como la disminución de las estaciones de control (especialmente, estaciones de gran registro); los frecuentes ajustes entre los tipos de datos que se recopilan y el uso para el que se aplican; el crecimiento significativo del número de variables observadas y la complejidad de los problemas que se abordan (sobre todo, con respecto a temas biológicos); las dificultades a la hora de lograr que los cada vez mayores volúmenes de datos estén disponibles de forma rápida y eficaz; y la continua necesidad de reducir la incertidumbre en la predicción mediante la estimación de las incertidumbres en los métodos y en las redes de observación.

## Referencias

- AGARWAL, A., M.S. DE LOS ÁNGELES, R. BHATIA, I. CHERET, S. DAVILA-POBLETE, M. FALKENMARK, F.G. VILLARREAL, T. JONCH-CLAUSEN, M.A. KADI, J. KINDLER, J. REES, P. ROBERTS, P. ROGERS, M. SOLANES and A. WRIGHT, 2000: Integrated water resources management, TAC Background Paper No. 4, Stockholm, Sweden, Global Water Partnership.
- COHN, T.A. and H.F. LINS, 2005: Nature's style: naturally trendy, *Geophysical Research Letters*, v. 32, no. 23, doi 10.1029/2005GL024476.
- KOUTSOYIANNIS, D., 2003: Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrologic statistics, *Hydrological Sciences Journal*, v. 48, no. 1, pp. 3-24.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2004: *Confronting the Nation's Water Problems: The Role of Research*, Washington, DC, The National Academies Press.
- SHIKLOMANOV A.I., R.B. LAMMERS and C.J. VÖRÖSMARTY, 2002: Widespread decline in hydrological monitoring threatens Pan-Arctic Research, *EOS Transactions, American Geophysical Union*, v. 83, no. 2, pp. 13, 16, 17.
- US GEOLOGICAL SURVEY, 2007: Trends in the size of the USGS streamgaging network, Página Web del NSIP (*National Streamflow Information Program*) ([http://water.usgs.gov/nsip/streamgaging\\_note.html](http://water.usgs.gov/nsip/streamgaging_note.html)).